



Desenvolvimento do feijão-caupi sob aplicação de biofertilizante enriquecido com mamona em cultivo agroecológico

Matias Barbosa de Melo¹, Pedro Henrique Alves de Sousa², Kleiton Rocha Saraiva³, Dayse Batista dos Santos³, José Jeremias Fernandes de Oliveira⁴, Jonnathan Richeds da Silva Sales⁵

¹Universidade Federal do Piauí – UFPI, Campus Universitário Ministro Petrônio Portella, Centro de Ciências Agrárias, Teresina, Piauí, Brasil.

²Serviço Nacional de Aprendizagem Rural – SENAR, Campo Maior, Piauí, Brasil.

³Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – IFPI Campus Campo Maior, Campo Maior, Piauí, Brasil.

⁴Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – IFPI Campus Teresina Central, Teresina, Piauí, Brasil.

⁵Universidade Federal do Ceará – UFC, Campus do Pici, Fortaleza, Ceará, Brasil.

RESUMO

Introdução. O feijão-caupi é um alimento muito importante na agricultura familiar como fonte nutricional sendo rico em proteínas, vitaminas e minerais, além de ter um grande papel socioeconômico na região nordeste do Brasil, constituindo um componente alimentar básico das populações rurais e urbanas.

Objetivo. Objetivou-se investigar o desenvolvimento do feijão-caupi sob diferentes dosagens de biofertilizante enriquecido com mamona, em cultivo agroecológico, na zona dos carnaubais piauienses.

Material e Métodos. O experimento ocorreu no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – IFPI, Campus Campo Maior. O delineamento adotado foi o de blocos com casualidade, com quatro tratamentos (T0, T1, T2 e T3), cada tratamento teve três blocos de repetição. Os tratamentos consistiram em: T0 (testemunha) não recebeu nenhuma dosagem de biofertilizante enriquecido com mamona (BEM); no tratamento T1 as plantas receberam 1.000 mL de BEM/semana; no tratamento T2 as plantas receberam 700 mL de BEM/semana; e tratamento T3 as plantas receberam 400 mL de BEM/semana. As variáveis analisadas foram altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC), peso das vagens (PV), massa verde da parte aérea (MVPA) e massa verde do sistema radicular (MVSR) em plantas de feijão-caupi, em função de diferentes doses do BEM. **Resultados e Discussão.** O tratamento T2 apresentou melhor desempenho no desenvolvimento do feijão-caupi sob aplicação de BEM, principalmente no que se refere ao PV e MVPA. **Conclusão.** A toxidez das plantas dos tratamentos que receberam o BEM, devido ao excesso de Fe contido no biofertilizante, bem como ataque de insetos podem ter afetado as plantas contidas nos tratamentos que receberam o BEM, o que justificaria as variáveis com efeitos não significativos.

PALAVRAS-CHAVE: *Vigna unguiculata*. Insumo orgânico. *Ricinus communis*.

Correspondência dos Autores

¹ORCID: [0009-0004-0140-3714](https://orcid.org/0009-0004-0140-3714).

Email: <mailto:matiasbarbosademelo@gmail.com>

²ORCID: [0009-0003-4570-5629](https://orcid.org/0009-0003-4570-5629).

Email: <mailto:phenriquea08000@gmail.com>

^{3a}ORCID: [0000-0003-1902-7038](https://orcid.org/0000-0003-1902-7038).

Email: kleiton.rocha@ifpi.edu.br (Autor correspondente)

^{3b}ORCID: [0000-0002-3623-6897](https://orcid.org/0000-0002-3623-6897).

Email: daysebatista@ifpi.edu.br

⁴ORCID: [0009-0007-6589-4040](https://orcid.org/0009-0007-6589-4040).

Email: jeremias.oliveira@ifpi.edu.br

⁴ORCID: [0000-0003-0722-6371](https://orcid.org/0000-0003-0722-6371).

Email: jnnathanagro@gmail.com

Artigo submetido a sistemas de verificação de similaridade

Submetido 30/06/2023 – Aceito 05/12/2023 – Publicado 15/01/2024

Development of cowpea under the application of biofertilizer enriched with castor beans in agroecological cultivation

ABSTRACT

Introduction. Cowpea is a very important food in family farming as a nutritional source, being rich in proteins, vitamins, and minerals, in addition to having a great socioeconomic role in the northeast region of Brazil, constituting a basic food component for rural and urban populations. **Objectives.** The objective was to investigate the development of cowpea under different dosages of biofertilizer enriched with castor beans, in agroecological cultivation, in the Carnaubais area of Piauí. The experiment took place at the Federal Institute of Education, Science and Technology of Piauí – IFPI, Campus Campo Maior. **Material and methods.** The design adopted was a randomized block design, with four treatments (T0, T1, T2 and T3), each treatment had three repetition blocks. The treatments consisted of: T0 (control) did not receive any dosage of biofertilizer enriched with castor beans (BEM); in treatment T1, plants received 1,000 mL of BEM/week; in treatment T2 the plants received 700 mL of BEM/week; and T3 treatment, the plants received 400 mL of BEM/week. The variables analyzed were plant height (AP), stem diameter (DC), pod weight (PV), shoot green mass (MVPA) and root system green mass (MVSF) in cowpea plants, in function of different doses of BEM. **Results and Discussion.** The T2 treatment showed better performance in the development of cowpea under application of BEM, mainly with regard to PV and MVPA. **Conclusion.** The toxicity of the plants in the treatments that received the BEM, due to the excess Fe contained in the biofertilizer, as well as insect attacks may have affected the plants contained in the treatments that received the BEM, which would justify the variables with non-significant effects.

KEYWORDS: *Vigna unguiculata*. Organic input. *Ricinus communis*.

1 INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é conhecido por diversos nomes como feijão-macassa e feijão-de-corda. O grão de *V. unguiculata* é um alimento muito importante na agricultura familiar como fonte nutricional sendo rico em proteínas, vitaminas e minerais, além de ter um grande papel socioeconômico na região nordeste do Brasil, constituindo um componente alimentar básico das populações rurais e urbanas. O mesmo é cultivado em todo o Brasil, em especial nessa região, o qual favorece a fixação do homem ao campo e intensifica a renda da agricultura familiar (Silva *et al.*, 2016).

Segundo Marques Filho *et al.* (2021) a maioria dos solos nordestinos é fisicamente inadequada aos cultivos agrícolas e caracteriza-se por deter baixa fertilidade natural, sobretudo no tocante aos teores de matéria orgânica. Ademais, solos arenosos são mais propensos à degradação e à perda da capacidade produtiva quando comparados aos solos argilosos (Donagemma *et al.*, 2016). Inclusive, em investigação acerca da textura dos solos arenosos, Centeno *et al.* (2017) constataram que os solos com textura arenosa apresentaram maiores deficiências de fósforo e matéria orgânica, pois estes solos apresentam em média 70% de sua composição teores de areia, o que os tornam altamente permeáveis, com baixa capacidade de retenção de água, baixos teores de matéria orgânica e adsorção de íons. Perante esse cenário, segundo Brady e Weil (2013) para que esses solos arenosos possam aumentar sua aptidão agrícola torna-se necessário, dentre outras práticas, o manejo adequado dos mesmos, inclusive com reposição de matéria orgânica aos solos.

A produção agroecológica ou orgânica é realizada com técnicas específicas mediante a otimização do uso dos recursos naturais e socioeconômicos disponíveis e o respeito à integridade cultural das comunidades rurais, tendo por objetivo a sustentabilidade econômica e ecológica, a maximização dos benefícios sociais, a minimização da dependência de energia não renovável empregando sempre que possível, métodos culturais, biológicos e mecânicos, em contraposição ao uso de materiais sintéticos, a eliminação do uso de organismos geneticamente modificados e radiações ionizantes, em

qualquer fase do processo de produção, processamento, armazenamento, distribuição e comercialização, e a proteção do meio ambiente (Brasil, 2003).

Para a agricultura familiar, sobretudo aquela voltada para a produção de base ecológica, estratégias de manejo cultural podem ser empregadas e apresentar bons resultados (Schiedeck *et al.*, 2021). Segundo Manoel *et al.* (2020) as tecnologias sociais que promovem a obtenção de fontes renováveis são atrativas para a agricultura não só pelas vantagens ambientais, mas também pela melhoria dos aspectos sociais e econômicos. Uma das tecnologias bastante difundidas nessa área é a utilização de biofertilizante, que pode atenuar os problemas do agricultor familiar em sistemas agroecológicos ou em conversão, podendo ser utilizado tanto como preventivo contra pragas e doenças como fonte dos principais nutrientes para as plantas.

Aliado a isso, a procura pelo feijão produzido organicamente tem aumentado, mesmo com preços de venda do produto cerca de 30 a 40% superior ao do feijão cultivado de forma convencional (Santos, 2011). Esse sistema de cultivo tem potencial de permitir retorno econômico ao agricultor, mesmo em pequena área de cultivo, devido ao alto valor agregado do produto obtido (Araújo *et al.*, 2013).

Na região nordeste brasileira há bastantes áreas de cultivo da cultura da mamona (*Ricinus communis* L.). Na safra 2016/2017 foram produzidas nove toneladas da oleaginosa no Estado do Piauí, numa área de 22 hectares (IBGE, 2017). Em particular, em terras de agricultores familiares, essas plantas são subutilizadas. Com isso, torna-se interessante estudar e valorizar resíduos da agricultura familiar que possuam possível potencial na produção de biofertilizantes que sejam eficientes na adubação de plantas (Barbosa, 2019).

O biofertilizante é um adubo, geralmente líquido, formado pela decomposição de esterco e restos de cultura em um recipiente que pode estar, ou não, em contato com o ar (Araújo; Gomes; Souza, 2014). O biofertilizante apresenta algumas vantagens, como por exemplo: fortalece as plantas e garante maior resistência ao ataque de pragas e doenças, melhora a produtividade das culturas, apresenta menor custo quando comparado aos fertilizantes químicos, é rico em nitrogênio e outros nutrientes indispensáveis ao solo, reutiliza matéria-prima da propriedade, e pode se tornar uma fonte alternativa de renda (Stuchi, 2015).

Isso pode gerar uma nova fonte de diferenciar o cultivo de forma mais tradicional e transformar um prática de cultivo saudável minimizando os usos de adubos minerais com a substituição de adubos orgânicos em agricultura familiar, com isso podem promover agricultura mais produtivos e intercalados com objetivo de produzir mais e gerar renda (Manoel *et al.*, 2020).

Para tanto, objetivou-se investigar o desenvolvimento do feijão caupi sob diferentes dosagens de biofertilizante enriquecido com mamona, em cultivo agroecológico na zona dos carnaubais piauienses.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no período de 18 de julho de 2022 a 13 de janeiro de 2023, na área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – IFPI, *Campus* Campo Maior. Este município localiza-se a uma latitude 04°49' sul e a uma longitude 42°10' oeste, a uma altitude 125 m. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, enquadra-se no tropical subúmido (C1WA'4a'), com temperaturas entre o máximo de 35 °C e o mínimo de 23 °C nos meses secos (BARROS; CASTRO, 2006).

A área total de experimento foi de 64,0 m², sendo 8 x 8 m. O espaçamento entre linhas foi de 1,0 m e 0,4 m entre plantas. O delineamento adotado foi de blocos ao acaso, com quatro tratamentos (T0, T1, T2 e T3), sendo três blocos de repetição. Cada bloco continha seis plantas, das quais quatro foram consideradas úteis, com isso desprezando as duas plantas externas de cada lado (uma esquerda e uma direita) do bloco, visando reduzir efeitos laterais. Cada tratamento continha 16 plantas, sendo 12 plantas

uteis, totalizando 48 plantas. Entre as parcelas foi deixada uma linha inteira de bordadura, visando reduzir os efeitos laterais.

Durante o preparo de solo foi feito capina e aplicação de matéria orgânica seca sobre solo, utilizando-se bagana de carnaúba triturada. Também, todas as covas receberam uma quantidade igual de esterco bovino curtido (1 kg/cova), como forma de adubação orgânica de fundação. Devido ao período seco foi necessário o uso da irrigação, instalando-se sistema de gotejamento. Quanto ao manejo de irrigação, as plantas foram irrigadas (mesmo tempo de irrigação para todas as plantas de feijão) com o intuito de se manter o solo à capacidade de campo. No dia 19 de outubro foi realizada a semeadura em bandejas de isopor. No dia 04 de novembro, quando as plântulas encontravam-se com pelo menos duas folhas definitivas, as mudas foram transplantadas para o solo.

O solo utilizado no experimento foi coletado na camada de 0 - 20 cm de profundidade, e enviado a um laboratório. Quanto à análise química do solo os resultados foram pH em água = 6,18; P = 12,3 mg dm⁻³; K = 116 mg dm⁻³; Ca = 4,83 cmolc dm⁻³; Mg = 1,79 cmolc dm⁻³; Fe = 395,0 mg dm⁻³; Mn = 55,42 mg dm⁻³; Al = 0,0 cmolc dm⁻³; Cu = 0,59 mg dm⁻³ e Zn = 13,37 mg dm⁻³; SB (soma de bases) = 6,92 cmolc dm⁻³. Utilizando o triângulo textural, o solo foi classificado como Areia, por possuir 89,9 % de areia, 8,3 % de argila, 1,8 % de silte e com 22,71 g/kg de matéria orgânica.

Durante o experimento utilizou-se o biofertilizante enriquecido com mamona (BEM), obtido através de processo aeróbico (com a presença de oxigênio). Para a fabricação do BEM, as seguintes proporções dos insumos foram utilizadas: 20 kg de composto orgânico/esterco curtido; 20 kg de mamona triturada (folhas, talos, bagas e hastes); 4 kg de cinza vegetal; 140 L de água (Brasil, 2017). Para tanto, escolheu-se um local à sombra, mas que permitisse a passagem de raios solares e boa ventilação, onde o mesmo foi armazenado em caixa d'água com capacidade de 500 l.

Visando produzir o BEM em quantidade suficiente para os tratamentos ao longo da investigação, proporcionalmente ao recomendado por Brasil (2017), os seguintes insumos foram utilizados: 265 l de água, 37,85 kg de esterco fresco, 37,85 kg de mamona triturada e 7,57 kg de cinzas. Após colocado no reservatório, visando a homogeneização, os insumos foram misturados. Essa prática (mistura dos insumos) foi realizada de 3 a 5 vezes por dia, durante após 10 dias, até que fosse verificado o início da fermentação, com cheiro característico de vinagre (azedo). Sempre antes das aplicações nos tratamentos, o BEM era mexido e posteriormente coado (Brasil, 2017).

A composição química obtida da matéria seca do BEM fabricado e utilizado durante o experimento foi a seguinte, respectivamente: N = 0,15 %; P = 0,25 g.l⁻¹; K = 1,61 g.l⁻¹; Ca = 1,24 g.l⁻¹; Mg = 0,26 g.l⁻¹; Fe = 170,0 mg.dm⁻³; Mn = 35,0 mg.dm⁻³; Cu = 2,0 mg.dm⁻³; Zn = 15,0 mg.dm⁻³; B = 53,0 mg.dm⁻³; Na = 0,46 g.l⁻¹; pH = 6,97; 1,46% de matéria orgânica; e, relação C/N de 9,73.

Utilizou-se como cultura indicadora o feijão-caupi, cultivar BRS Novaera. Segundo Freire Filho (2008), a cultivar BRS Novaera tem porte semiereto, alta resistência ao acamamento e uma boa desfolha natural. Com essas características, tem um grande potencial para colheita mecânica direta, com uma leve dessecação e, em solos mais arenosos e ambientes mais secos, sem dessecação. Além dessas características, tem grãos bem formados no padrão de preferência de uma grande faixa de consumidores, tanto no mercado nacional quanto no mercado internacional.

Após 11 dias de fermentação do BEM (dia 21 de novembro), iniciou-se a aplicação nas plantas de feijão-caupi. A aplicação ocorreu via solo (ao redor do caule das plantas) sobre tratamentos com diferentes dosagens. Os tratamentos consistiram de T0 (testemunha), cujas plantas não receberam aplicação do BEM, T1 com aplicação semanal de 1.000 ml de BEM, T2 com aplicação semanal de 700 ml de BEM e T3 teve aplicação também semanal de 400 ml de BEM. A cada semana, as aplicações dos tratamentos foram divididas em 3 dias (segunda, quarta e sexta), em quantidades proporcionais.

A última aplicação do BEM aos tratamentos ocorreu no dia 06 de janeiro de 2023, totalizando 49 dias de período de aplicação, sendo 21 aplicações realizadas em cada tratamento. O T1 recebeu ao todo

126 l de BEM, o T2 recebeu 88,2 l e o T3 recebeu 50,4 l, totalizando 264,6 l de BEM aplicados ao longo do experimento aos tratamentos. Ao longo do experimento foi aplicado “extrato de neem indiano” semanalmente na cultura do feijão-caupi devido à infestação de pulgões e formigas durante o ciclo da cultura.

A colheita das vagens maduras (secas) ocorreu de forma mecânica direta, onde as vagens em sua maturação foram recolhidas e colocadas em sacos de papel Kraft. As colheitas ocorreram em 2 (dois) dias da semana (segunda e sexta), e a última colheita aconteceu no dia 06 de janeiro de 2023 (as plantas já haviam atingido a maturidade fisiológica, com 75 dias após a emergência), pois no mesmo dia as unidades experimentais (plantas) foram colhidas e levadas ao laboratório de alimentos no IFPI – Campus Campo Maior, onde ocorreram as demais medições das variáveis analisadas durante a investigação.

As variáveis avaliadas foram: altura das plantas (AP), determinado por medição com fita métrica; diâmetro do caule (DC), determinado por medição com paquímetro digital (0,01 mm de precisão); peso de vagens (PV), determinado por pesagem em balança analítica (0,01 g de precisão); massa verde da parte aérea (MVPA), determinada por pesagem da parte aérea das plantas; massa verde do sistema radicular (MVSR) determinada por pesagem do sistema radicular das plantas.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e de regressão e as médias comparadas pelo teste de Tukey com $P < 0,05$. Na análise de regressão, as equações de regressão que melhor se ajustarem aos dados foram escolhidas com base na significância dos coeficientes de regressão ao nível de significância de 1% (**) e 5% (*) pelo teste F, e no maior coeficiente de determinação (R^2). As análises foram realizadas com o uso do software ASSISTAT 7.7 BETA (Silva; Azevedo, 2016).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 encontram-se resultados estatísticos onde estão apresentadas as análises de variância das características de desenvolvimento das plantas de feijão-caupi: altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC), peso das vagens (PV), massa verde da parte aérea (MVPA) e massa verde do sistema radicular (MVSR).

Tabela 1: Resumo da análise de variância e médias para altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC), peso das vagens (PV), massa verde da parte aérea (MVPA) e massa verde do sistema radicular (MVSR) em plantas de feijão-caupi, em função de diferentes doses do BEM.

FV	Quadrado Médio					
	GL	AP	DC	PV	MVPA	MVSR
Tratamentos	3	1,38ns	1,27ns	3,66*	2,91*	1,89ns
Resíduo	33	595,46	7,54	96,56	5702,63	42,85
Total	36	-	-	-	-	-
CV (%)	-	48,49	25,67	65,50	69,00	53,16

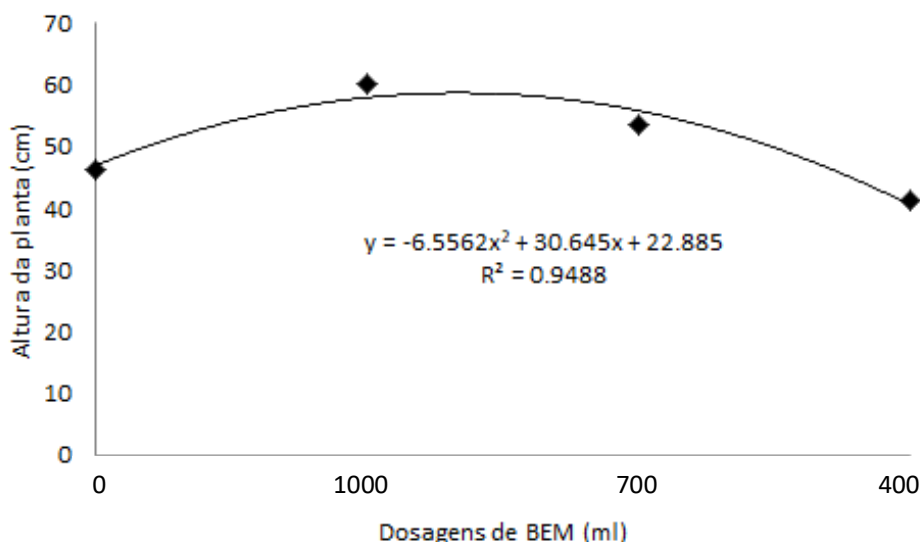
FV = Fonte de variação; GL = Grau de liberdade; CV = Coeficiente de variação; ** (1%) e * (5%), ns = não significativo

Fonte: Dados da Pesquisa (2023).

Verifica-se influência significativa da aplicação de diferentes dosagens do BEM nas variáveis PV e MVPA (nível de 5% de probabilidade), já quanto às variáveis AP, DC e MVSR não houve influência significativa das aplicações do BEM aos tratamentos.

Quanto à Altura da planta – AP (Figura 1), apesar de não haver diferença significativa entre os tratamentos, verificou-se que as plantas que receberam mais BEM, alcançaram maiores alturas, evidenciando o efeito positivo do biofertilizante sobre essa variável. Com resultado semelhante Rocha *et al.* (2015) constataram efeito linear crescente na altura de plantas de feijão. Já Rebouças Neto *et al.* (2016) verificaram efeito linear decrescente em plantas de milho. Com a dosagem ótima (916 ml) as plantas alcançariam altura máxima de 58,69 cm.

Figura 1: Altura da planta (AP) para a cultura do feijoeiro sob diferentes doses do BEM.



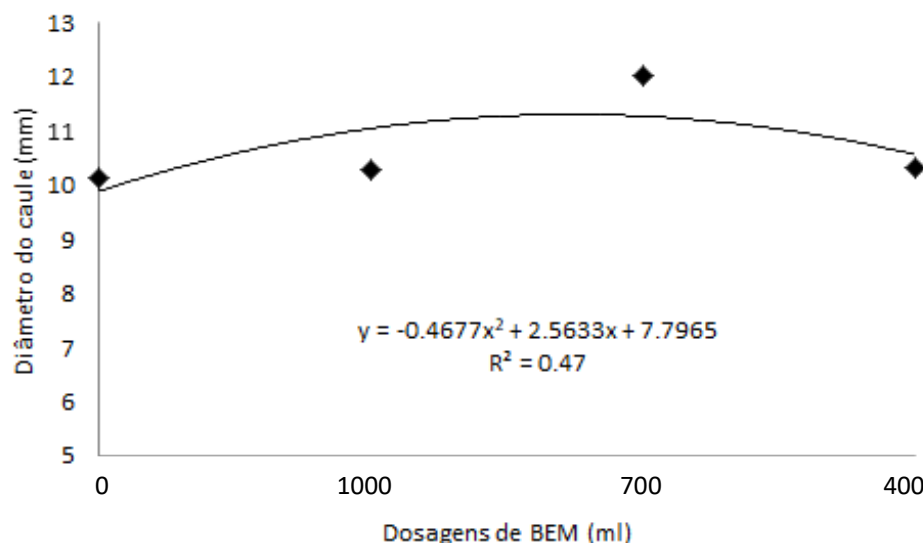
Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

O fato de a testemunha ter demonstrado melhor desempenho que o T3, pode ser explicado pelo fato de as plantas que receberam o BEM terem sido atacadas com maior frequência por formigas, pulgões e cochonilhas, em relação às plantas do T0. Souza *et al.* (2013) observaram a formiga saúva (*Atta* sp.) cortando as folhas novas e as vagens, prejudicando assim a produção, e inibindo a ação de alguns inimigos naturais. De forma semelhante, Marques Filho *et al.* (2021), investigando o uso de biofertilizantes na cultura do feijão-caupi, que de forma análoga verificaram melhores resultados das testemunhas durante a análise da maioria das variáveis, concluíram que esses resultados possivelmente estariam ligados aos ataques de formigas às plantas de feijão caupi. Aliando a isso, também pelo fato de T3 ter recebido o BEM, que demonstrou elevada quantidade de Fe^{3+} em sua análise química, pode ter causado estresses às plantas, devido ao possível efeito tóxico causado pelo excesso desse micronutriente.

Segundo Penteado (2001), os organismos patogênicos dependem de substâncias solúveis, como açúcares e aminoácidos livres. Essa manifestação é resultado do desequilíbrio excesso ou carência de nutrientes. Correlacionando com Oliveira (2022), o surgimento de doenças e pragas é uma consequência e não a causa. As causas principais deste surgimento são os estresses e desequilíbrios diversos (tais como erro de adubação, desequilíbrio do solo, estresse por agrotóxico, estresse meteorológico, estresse físico e outros estresses) que causam problemas ao metabolismo das plantas.

Da mesma forma como na altura das plantas, o Diâmetro do caule – DC (Figura 2) também não demonstrou diferença significativa entre os tratamentos. De forma semelhante, Rebouças Neto *et al.* (2016), investigando a cultura do milho sob diferentes concentrações de biofertilizante bovino, verificaram não significância quanto ao DC.

Figura 2: Diâmetro do caule (DC) para a cultura do feijoeiro sob diferentes doses do BEM



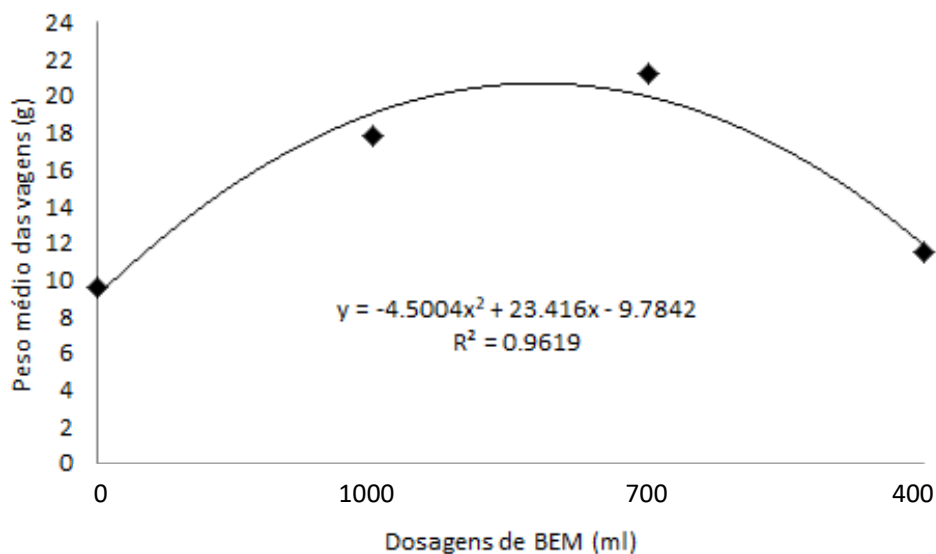
Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Todavia, assim como constatado durante a análise da variável anterior, concluiu-se que as plantas que receberam o BEM resultaram em maiores diâmetros. Sendo o T2 com melhor desempenho. Investigando acerca do uso de biofertilizante na cultura do milho, Saraiva *et al.* (2020) também verificaram maiores valores de DC em plantas que receberam o insumo orgânico, em comparação às testemunhas. Para esta variável, a dosagem ótima seria de 778 ml, que resultaria em diâmetros de 11,30 mm.

Outro aspecto a ser discutido refere-se ao fato de que o T1 demonstrou-se estatisticamente igual ao T0 (testemunha). Esse comportamento pode estar relacionado ao fato do T1 ter recebido grandes quantidades de Fe^{3+} , tanto disponíveis no solo quanto no BEM. De acordo com Venegas *et al.* (1999), solos com teores entre 19 a 30 mg de ferro por dm^3 são considerados médios no teor de ferro, e solos com teor entre 31 a 45 $mg.dm^{-3}$ são considerados bom. Todavia, os teores de Fe^{3+} contidos no solo e no BEM foram de 395 e 170 $mg.dm^{-3}$, respectivamente.

Na variável Peso de vagens por planta – PV, cujas médias se ajustaram à regressão polinomial quadrática (Figura 3), o tratamento T2 (700 ml de BEM/semana) demonstrou o melhor desempenho em relação aos demais tratamentos, apresentando peso médio de vagens de 21,2 g. Oliveira *et al.* (2002), avaliando linhagens e cultivares de feijão-caupi sob adubações química e orgânica, verificaram o melhor resultado de peso médio de vagens, sendo 17,0 g. O ponto de máxima (20,67 g) seria alcançado com a dosagem de 820 ml.

Ademais, torna-se possível constatar que as plantas que receberam o BEM demonstraram maiores pesos médios de vagens, quando comparados à testemunha. Esse comportamento evidencia a influência positiva do BEM sobre o peso das vagens do feijão caupi. Segundo Lima *et al.* (2012) o aporte crescente de alguns nutrientes como o nitrogênio e fósforo, presente nas dosagens de biofertilizante, pode ter contribuído para um melhor desempenho das plantas em relação à testemunha. Na mesma linha de raciocínio, segundo Manoel *et al.* (2020), o biofertilizante juntamente com os nutrientes absorvidos do solo, poderão suprir, de forma equilibrada, as necessidades da cultura, durante o crescimento e desenvolvimento das plantas.

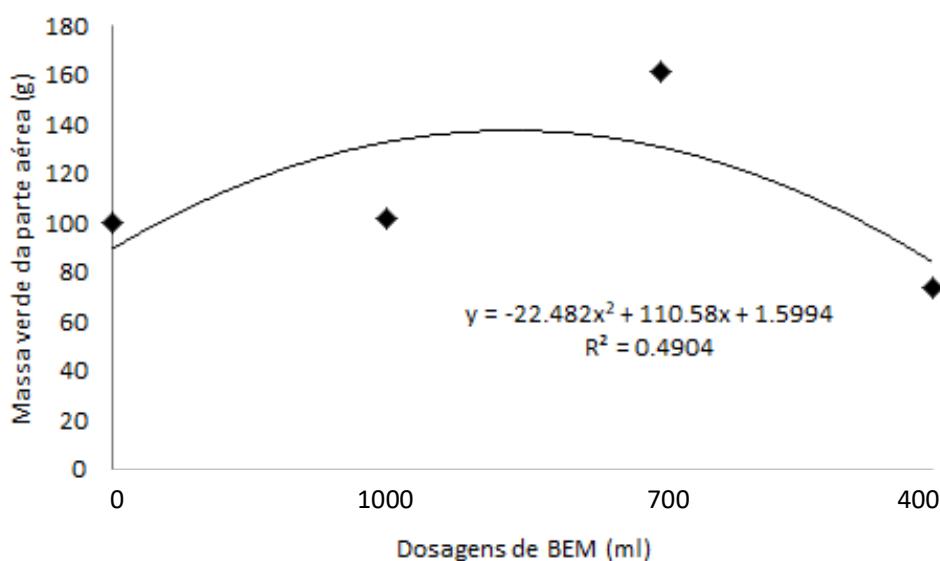
Figura 3: Peso das vagens por planta (PV) para a cultura do feijoeiro sob diferentes doses de BEM

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Todavia, o T1, que recebeu as maiores quantidades de BEM, apesar de resultados positivos, mas foi inferior ao T2. Possivelmente, pode-se tratar de efeito tóxico do BEM sobre as plantas, em maiores quantidades. Isso pode estar ancorado, inclusive no elevado teor de Fe^{3+} ($170,0 \text{ mg.dm}^{-3}$) verificado no resultado na análise química do BEM. Somado ao elevado teor desse micronutriente também no solo de cultivo do feijão-caupi ($395,0 \text{ mg.dm}^{-3}$). Em pesquisa objetivando analisar os efeitos do excesso do ferro (Fe^{3+}) no crescimento da cultura da pitanga, Jucoski *et al.* (2016) concluíram que, dentre outras consequências danosas, o excesso de Fe ocasionou redução de todas as variáveis de crescimento da Pitanga.

Na variável Massa verde da parte aérea – MVPA (Figura 4), cujas médias se ajustaram à regressão polinomial quadrática, houve efeito significativo entre os tratamentos, com as plantas do T2 demonstrando os melhores desempenhos (média de 162 g). Essa verificação demonstra o efeito positivo do BEM sobre a biomassa das plantas de feijão-caupi. De forma análoga, Saraiva *et al.* (2020) verificaram efeito significativo das diferentes concentrações de biofertilizante bovino líquido na biomassa do milho. Derivando-se a equação quadrática, constata-se que com uma dosagem de 865 ml a MVPA das plantas alcançaria 137,57 g.

Quanto a essa variável, uma observação em particular foi a testemunha (T0) demonstrar melhor resultado quando comparada ao T3, que recebeu o BEM, mesmo na menor quantidade. Uma possível explicação para esse comportamento pode ser devido à presença de formigas, pulgões e cochonilhas às plantas de feijão, pois verificou-se que as plantas que receberam o BEM, foram mais “severamente” atacadas (tiveram parte de suas folhas cortadas) do que as testemunhas. As formigas no contexto da agricultura ganham importância a partir do momento em que podem causar sérios danos econômicos ao se tornarem pragas (ALTIERI *et al.*, 2007). Além do mais, segundo Canedo Júnior (2014) a interação formiga-afídeo parece ser potencialmente prejudicial aos sistemas de cultivo orgânico de plantas de ciclo de vida curto, uma vez que as formigas mantêm as populações de afídeos em crescimento durante praticamente todo o ciclo de vida da planta.

Figura 4: Massa verde da parte aérea (MVPA) para a cultura do feijoeiro sob diferentes doses do BEM.

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Assim como verificado nas demais variáveis, o T1 não demonstrou os melhores resultados, não diferenciando, inclusive, da testemunha. Uma possível explicação seria o excesso de elementos químicos recebidos pelas plantas contidas nesses tratamentos, como o ferro (Fe^{3+}). Isso devido a maior quantidade de BEM que essas plantas do T1 receberam ao longo da investigação. Inclusive, verificou-se em campo algumas plantas com sintomas visuais que poderiam indicar o feito tóxico. Nesse caso, o antagonismo do ferro pode ter causado diminuição na absorção dos demais nutrientes ou causando toxidez por níveis elevados. Corroborando, Jocoski *et al.* (2016) verificaram que o excesso de Fe modificou a partição da biomassa, reduzindo o número de folhas.

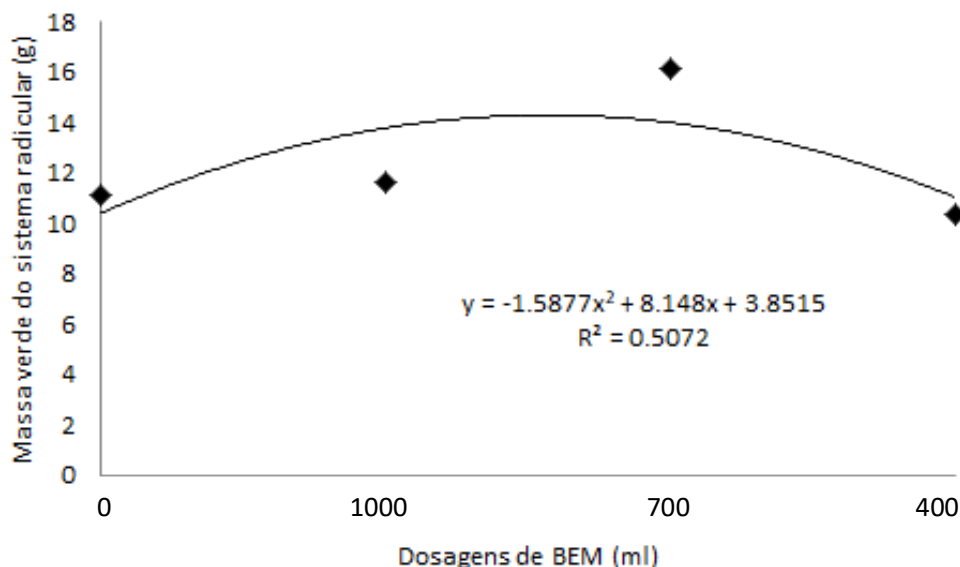
Assim como constatado em AP e DC, não houve efeito significativo quanto à Massa verde do sistema radicular – MVSR em função da aplicação do BEM (Figura 5). Todavia, com a dosagem de 832 ml a MVSR das plantas chegaria às 14,30 g.

Assim como nas demais variáveis analisadas o T2 demonstrou melhores resultados (massa média de 16,1 g). De forma semelhante à análise da MVPA, o T1 que recebeu maiores quantidade do BEM não se sobressaiu aos demais tratamentos; inclusive com desempenho estatisticamente igual à testemunha. O excesso Fe contido no BEM e no solo de cultivo, aliado à elevada quantidade aplicada ao T1 pode ter ocasionado diminuição no crescimento do sistema radicular dessas plantas, resultando em menores MVSR. Na pesquisa realizada por Jocoski *et al.* (2016), os autores concluíram que com o excesso de Fe^{3+} as plantas exibiram sintomatologia típica de toxidez, apresentando escurecimento das raízes, menor comprimento da raiz principal, além de que o excesso desse micronutriente promoveu redução nos teores de P, Zn, Cu e Mn, especialmente nas raízes.

Além disso, tem outro fator que pode ter influência sobre esse cenário, pode ter sido a quantidade de água disponível no solo por alguns períodos, aliado aos elevados teores de Fe^{3+} no solo e no BEM, que durante a ação de microrganismos anaeróbicos, que com possível limitada presença de oxigênio começam a utilizar o Fe^{3+} na respiração, transformando esse micronutriente para formas reduzidas e mais solúveis, assim aumentando a disponibilidade de Fe para plantas. Fenômeno semelhante foi verificado por Schmidit *et al.* (2013), em pesquisa com a cultura do arroz inundado, concluíram que o

alagamento tardio desloca a máxima liberação de ferro para estádios fenológicos mais avançados do arroz.

Figura 5: Massa verde do sistema radicular (MVSR) para a cultura do feijoeiro sob diferentes doses do BEM.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

4 CONCLUSÃO

O Tratamento T2 (700 mL de BEM/semana) resultou em melhores desempenhos quanto ao desenvolvimento do feijão caupi sob aplicação de biofertilizante enriquecido com mamona (BEM), principalmente no que se refere ao peso das vagens (PV) e massa verde da parte aérea (MVPA). Toxidez das plantas dos tratamentos que receberam o BEM, devido ao excesso de Fe contido no biofertilizante, bem como ataque de insetos (formigas, pulgões e cochonilhas) podem ter afetado as plantas contidas nos tratamentos que receberam o BEM, o que justificaria as variáveis com efeitos não significativos.

AGRADECIMENTOS. Esta pesquisa teve o apoio institucional (estrutura física, pessoal e materiais de consumo) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí - IFPI - Campus Campo Maior e Campus José de Freitas.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES. MBM, PHAS, KRS, DBS, JJFO: Conceituação; Metodologia; Análise formal, Redação – rascunho original, Visualização, Investigação, Validação. MBM, PHAS, KRS, JRSS: Software, Curadoria de dados. KRS: Redação – revisão e edição, Aquisição de financiamento, Supervisão, Administração do projeto, Recursos. Todos os autores participaram ativamente da discussão dos resultados, revisaram e aprovaram a versão final do artigo.

CONFLITO DE INTERESSE. Os autores declaram que não têm interesse comercial ou associativo que represente um conflito de interesses em relação ao manuscrito.

APROVAÇÃO ÉTICA. Não se aplica.

REFERÊNCIAS

ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I.; PONTI, L., 2007. **Controle biológico de pragas através do manejo de agroecossistemas**. Brasília: MDA.

ARAÚJO, J. F.; GOMES, Í. L. S.; SOUZA, G. N. de. **Utilização de fontes alternativas de adubos orgânicos e minerais naturais**. 5. ed. Salvador: Editora da Universidade do Estado da Bahia, 2014.

ARAÚJO, A.P.; FERNANDES, R.C.; MELO, L.C.; FERREIRA, E.P.B.; GUERRA, J.G.M. Produção de cultivares de feijoeiro sob sistema orgânico de produção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 34., 2013, Florianópolis. **Anais [...]**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013.

BARBOSA, C. H. **Eficiência nutricional de diferentes biofertilizantes produzidos a partir de resíduos da agricultura familiar no desenvolvimento da pimenta de cheiro**. 2019. 75 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal do Amazonas, Humaitá-AM, 2019. Disponível em: https://tede.ufam.edu.br/bitstream/tede/7381/2/Disserta%c3%a7%c3%a3o_Cleisson%20Barbosa_PPGCA.pdf. Acesso em: 30 mai. 2023.

BARROS, J. S.; CASTRO, A. A. J. F. Compartimentação geoambiental no complexo de Campo Maior, PI: uma área de tensão ecológica. **Revista Internacional de Desenvolvimento Local**, v. 8, n. 13, p. 119-130, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1518-70122006000200013>

BRADY, N.C.; WEIL, R.R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

BRASIL. **MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA**. Coordenação de Agroecologia. Fichas Agroecológicas: Tecnologias Apropriadas para a Agricultura Orgânica. In: Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas. Brasília - DF. 2p., 2017.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. Câmara Setorial da Agricultura Orgânica. **lei nº 10.831, DE 23 DE DEZEMBRO DE 2003**. Brasília-DF. 2003. Disponível em< http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/L10.831.htm>. Acesso em: 01 de maio de 2023.

CANEDO JÚNIOR, E.O. **A interação formiga-afídeos e suas implicações sobre um predador generalista**. 2014. 66 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

CENTENO, L.N.; GUEVARA, M.D.F.; CECCONELLO, S.T.; SOUSA, R.O.D.; TIMM, L.C. Textura do solo: conceitos e aplicações em solos arenosos. **Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade**, v.4, n.1, p.31-37, 2017. DOI: <https://doi.org/10.15210/rbes.v4i1.11576>

FREIRE FILHO, F. R.; CRAVO, M. S.; VILARINHO, A. A.; CAVALCANTE, E. S.; FERNANDES, J. B.; SAGRILLO, E.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. M.; SOUZA, F. F.; LOPES, A. M.; GONÇALVES, J. R. P.; CARVALHO, H. W. L.; RAPOSO, J. A. A.; SAMPAIO, L. S. **BRS Novaera: Cultivar de feijão-caupi de porte semi-ereto**. Belém: Embrapa, 2008. 4 p. (Comunicado técnico, 215). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/27806/1/Com.Tec.215.pdf>. Acesso em: 27 jan. 2023.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário 2017**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017/resultados-definitivos>. Acesso em: 01 de maio de 2023.

JUCOSKI, G. O.; CAMBRAIA, J.; RIBEIRO, C.; OLIVEIRA, J. A. Excesso de ferro sobre o crescimento e a composição mineral em *Eugenia uniflora* L. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 4, p. 720-728, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20160086>.

LIMA, J. G. A.; VIANA, T. V. A.; SOUSA, G. G.; WANDERLEY, J. A. C.; PINHEIRO NETO, L. G.; AZEVEDO, B. M. Crescimento inicial do milho fertirrigado com biofertilizante. **Revista Agropecuária Científica no Semiárido**, v.8, n.1, p.39- 44, 2012.

MANOEL, E.; SILVA, R.F.; MORILHA, M.E.; QUEVEDO, L. Avaliação do cultivo orgânico de feijão caupi com aplicação de diferentes doses de biofertilizante. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 11., 2020, Cristóvão. **Anais [...]**. São Cristóvão, SE: Associação Brasileira de Agroecologia, 2020.

MARQUES FILHO, F.; SARAIVA, K.R.; OLIVEIRA, J.R.; FÉLIX, C.D. Aspectos produtivos e biomassa seca do feijão caupi agroecológico sob diferentes biofertilizantes. **Agrotrópica**, v. 33, n. 1, p. 55-62, 2021. DOI: <https://doi.org/10.21757/0103-3816.2021v33n1p55-62>

OLIVEIRA, V. A. B. **Princípios agroecológicos: manejo de pragas e doenças (métodos alternativos de controle)**. Adamantina: Gráfica Atual, 2022.

OLIVEIRA, A. P.; SOBRINHO, J. T.; NASCIMENTO, J. T.; ALVES, A. U.; ALBUQUERQUE, I. C.; BRUNO, G. B. Avaliação de linhagens e cultivares de feijão-caupi, em Areia, PB. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 2, p. 180-182, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362002000200012>

PENTEADO, S. R. **Agricultura orgânica: Série Produtor Rural**. ed. especial. Piracicaba: Serviço de Produções Gráficas – USP/ESALQ, 2001.

REBOUÇAS NETO, M. D. O. R.; CAMPOS, J. R.; VERAS, C. L.; DE SOUSA, I. R.; MONTEIRO FILHO, L. R. Crescimento inicial do milho sob diferentes concentrações de biofertilizante bovino. **Cadernos Cajuína**, v. 1, n. 3, p. 4-14, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.52641/cadcaj.v1i3.100>

ROCHA, D. P.; BRITO, M. F.; SANTOS, L. C.; SOUZA, R. L.; GALLO, A. S.; SILVA, R. F. Desempenho do feijoeiro sob o uso de biofertilizante em sistema orgânico de produção. **Acta Iguazu**, v. 4, n. 2, p. 97-109, 2015. DOI: <https://doi.org/10.48075/actaiguaz.v4i2.12980>

SANTOS, N. C. B. Potencialidades de produção do feijão orgânico. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 8, n. 2, p.1-6, 2011.

SARAIVA, K. R.; REBOUÇAS NETO, M. O.; FERNANDES, C. N. V.; MARQUES FILHO, F.; SILVA, F. S.; SALES, J. R. S. Efeitos de biofertilizante sobre o crescimento e a biomassa do milho agroecológico no Piauí. **Agrotrópica**, v. 32, n. 1, p. 67-74, 2020. DOI: <https://doi.org/10.21757/0103-3816.2020v32n1p67-74>

SCHIEDECK, G.; ANTUNES, I. F.; BEVILAQUA, G. A. P.; EICHOLZ, E. D.; GUARINO, E. de S. G.; SCHWENGBER, J. E.; NORONHA, A. **Preferências e demandas de agricultores familiares produtores de feijão, milho, mandioca e batata-doce no Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2021.

SCHMIDT, F.; FORTES, M. A.; WESZ, J.; BUSS, G. L.; SOUSA, R. O. Impacto do manejo da água na toxidez por ferro no arroz irrigado por alagamento. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 37, p. 1226-1235, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832013000500012>

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal Agriculture Research**, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11522>

SILVA, A.; BRITO, M. E. B.; FRADE, L. J. G.; NOBRE, R. G.; COSTA, F. B.; MELO, A. S.; SILVA, L. A. Crescimento e trocas gasosas de genótipos de feijão-caupi sob estratégias de cultivo. **Revista Ambiente Água**, v. 11 n. 3., p. 745-758, 2016. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1880>

SOUZA, L. P.; EVANGELISTA JR., W. S.; PEREIRA, D. L.; LEOPOLDINO NETO, A.; LARANJEIRA Jr, A. L. R.; SANTOS, D. C. A. Insetos –Pragas associados cultura do Feijão Caupi em Serra Talhada. In: XIII JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 13., 2013, Recife. **Anais [...]**. Recife, PE: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2013.

STUCHI, J. F. **Biofertilizante: um adubo líquido de qualidade que você pode fazer**. Editora técnica. 1ed. Brasília, DF, Embrapa. 2015.

VENEGAS, V. H. A.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. (eds.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5. ed. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 25-32.